

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-150235

(P2000-150235A)

(43)公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51) Int.Cl.<sup>1</sup>

H 0 1 F 10/26

識別記号

F I

H 0 1 F 10/26

マークコード(参考)

5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全5頁)

(21)出願番号 特願平10-331916

(22)出願日 平成10年11月9日 (1998.11.9)

(71)出願人 392034355

リードライト・エスエムアイ株式会社  
大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号

(72)発明者 上野 昌紀

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号  
リードライト・エスエムアイ株式会社内

(72)発明者 永井 秀康

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号  
リードライト・エスエムアイ株式会社内

(74)代理人 100098062

弁理士 梅田 明彦

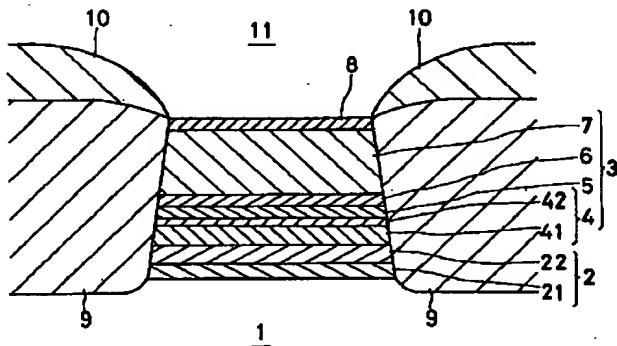
最終頁に続く

(54)【発明の名称】スピナルブ磁気抵抗センサ及び薄膜磁気ヘッド

(57)【要約】

【解決手段】 基板上にT aなどの非磁性金属の第1下地膜21とその上に形成されるN i F e X (XはC r、N b、R hから選択される少なくとも1種)で表される合金の第2下地膜22とからなる下地層2を形成し、その上に非磁性導電層5を挟んで配置されたフリー磁性層4及びピン磁性層6と、反強磁性層7とを積層したスピナルブ膜3を備えるスピナルブ磁気抵抗センサにおいて、第2下地膜がf c c構造を有し、かつ(111)配向されている。

【効果】 スピナルブ膜の各膜層の(111)配向を強くし、一方向異方性磁場を大きくして、両磁性層間の相互作用磁場を小さくでき、熱的・磁気的に高い安定性が得られ、高い磁気抵抗変化率及び磁気抵抗変化の線形性など、磁気変換特性が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に下地層と、前記下地層の上に非磁性層を挟んで配置された1対の磁性層と、一方の前記磁性層に隣接する反強磁性層とを積層したスピンドルブ磁気抵抗センサであって、

前記下地層が、非磁性金属の第1下地膜と、前記第1下地膜の上に形成されるNiFeX(XはCr、Nb、Rhから選択される少なくとも1種)で表される合金の第2下地膜とかなり、前記第2下地膜がfcc構造を有し、かつ(111)配向されていることを特徴とするスピンドルブ磁気抵抗センサ。

【請求項2】 前記第2下地膜の膜厚が20~100Åの範囲内にあることを特徴とする請求項1に記載のスピンドルブ磁気抵抗センサ。

【請求項3】 前記XがCrであり、かつその組成が20~50at%の範囲内にあることを特徴とする請求項1又は2に記載のスピンドルブ磁気抵抗センサ。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載のスピンドルブ磁気抵抗センサを備えるであることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録装置に使用される磁気抵抗型センサに関し、特にスピンドルブ磁気抵抗効果を利用した磁気センサ及び薄膜磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】最近、再生用磁気ヘッドにおいて飽和磁界を小さくして磁界感度を高めるために、基板上に非磁性層を挟んで1対の磁性層を積層したサンドイッチ構造のスピンドルブ膜からなる磁気センサが開発されている。スピンドルブ膜は、一方の磁性層(ピン層)の磁化が、それに隣接する反強磁性層との交換結合磁界により素子高さ方向に固定されるのに対し、他方の磁性層(フリー層)の磁化は、一般に永久磁石の磁界を利用したハードバイアス法により、素子のトラック幅方向に単磁区化され、外部磁界により自由に回転する。

【0003】反強磁性層による一方向異方性磁場が大きいほど、ピン層を良好に単磁区化することができ、またその磁化が十分に固定されるほど、外部磁場に対する磁気応答の線形性が確保され、磁気センサの磁気特性が向上する。そこで、従来より様々な反強磁性材料が提案されている。また、反強磁性材料は、その下地の材料によって特性が変化することが知られている。

【0004】例えば、特開平8-315326号公報には、高抵抗で配向性を向上させ得る結晶性軟磁性膜を磁気抵抗効果膜の下地として配置することにより、磁気抵抗効率等の特性を向上させることができる磁気抵抗効果ヘッドが開示されている。更に同公報によれば、前記結晶性軟磁性膜の結晶性を高めるために、その下地にTa等の非磁性金属膜を設けることが記載されている。また、特開平8-213238号公報に記載される磁気抵抗センサは、磁性自由層の結晶配向を揃えるためにTa下地層を用いている。

【0005】更に、特開平9-16915号公報には、スピンドルブ磁気抵抗型トランデューサにおいて、下地層としてTa膜とNiFe系合金膜との2層膜を用いることにより、反強磁性層の結晶性を改善し、ピン層の磁化を十分に固定して線形な磁気抵抗変化を得られることが開示されている。また、特開平6-325934号公報には、磁気抵抗効果素子において、fcc格子を有する材料の第1下地膜と基板との間にTa等の第2下地膜を配置した2層構造の下地層により、その上に形成する強磁性膜の(111)配向を改善すると共に、表面平滑性を向上できることが記載されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のTa膜からなる下地層を設けたスピンドルブ膜では、反強磁性層による一方向異方性磁場が通常200~1000エルステッド(Oe)で限界があるため、これを磁気ヘッドに適用した場合、動作温度が高くなるとピン層の磁化方向が変化して、磁気変換特性が不安定になり、信頼性を損なう虞があった。

【0007】また、スピンドルブ磁気抵抗センサにおいて、フリー層を薄くすると再生出力を高くできるが、その膜厚が或る限界(約30~40Å)を超えると、フリー層の(111)配向が不十分になって、フリー層・ピン層間の強磁性的な相互作用が大きくなり、逆に再生出力が低下し、磁気的に不安定になるという問題があった。そのため、通常フリー層の膜厚は約50~100Åの範囲内に設定されているが、再生出力を高くするためには、磁気的安定性を確保しつつフリー層の膜厚をできる限り薄くできることが好ましい。

【0008】そこで、本発明は、上述した従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、スピンドルブ膜の反強磁性膜による一方向異方性を大きくし、かつフリー層とピン層間の相互作用を小さくして、熱的及び磁気的に磁気変換特性を安定化させたスピンドルブ磁気抵抗センサを提供することにある。

【0009】また、本発明の別の目的は、かかるスピンドルブ磁気抵抗センサを備えることにより、より好記録密度化を達成可能な高性能の薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、上述した目的を達成するために、基板上に下地層と、前記下地層の上に非磁性層を挟んで配置された1対の磁性層と、一方の前記磁性層に隣接する反強磁性層とを積層したスピンドルブ膜を備え、前記下地層が、非磁性金属の第1下地膜と、前記第1下地膜の上に形成されるNiFeX

(XはCr、Nb、Rhから選択される少なくとも1種)で表される合金の第2下地膜とからなり、前記第2下地膜がfcc(面心立方)構造を有し、かつ(111)配向されていることを特徴とするスピナルブ磁気抵抗センサが提供される。

【0011】スピナルブ膜の両磁性層、非磁性層及び反強磁性層は、このような第2下地膜の上に形成されることにより、結晶面の(111)配向が強くなり、一方向異方性磁場が大きくなると共に、両磁性層間の相互作用磁場が小さくなる。これにより、高い磁気抵抗変化率及び線形な磁気抵抗変化を示すスピナルブ磁気抵抗センサが得られる。

【0012】スピナルブ膜の結晶配向性は、下地層の膜厚を厚くし過ぎても、或る程度以上改善することはできない。第2下地膜の膜厚は、20~100Åの範囲内にあることが好ましい。

【0013】また、下地層は、NiFeXに含まれる元素Xの濃度を適当に選択することにより、NiFe合金の場合よりも非磁性化することができ、かつ高抵抗化して下地層へのシャント電流を大幅に少なくし、センサの磁気抵抗率を高めることができる。特に、元素XがCrであり、かつその組成が20~50at%の範囲内にすると、第2下地膜を構成するNiFeの磁性が消えて非磁性化できるので、好都合である。

【0014】更に本発明の別の側面によれば、上述したスピナルブ磁気抵抗センサを備えることにより、熱的・磁気的に高い安定性を有し、高記録密度の可能な薄膜磁気ヘッドが提供される。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】図1は、本発明を適用したスピナルブ磁気抵抗センサの好適な実施例を示している。このスピナルブ磁気抵抗センサは、ガラスやシリコン、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・TiCなどのセラミック材料からなる基板上に設けたアルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)絶縁層1の上に下地層2が形成され、その上にスピナルブ構造の磁気抵抗(MR)膜3が積層されている。本実施例の下地層2は、厚さ30Åのタンタル(Ta)からなる第1下地膜21と厚さ50Åのニッケル-鉄-クロム(NiFeCr)からなる第2下地膜22との2層構造である。

【0016】MR膜3は、下地層2の上に積層した厚さ50Åのニッケル-鉄(NiFe)膜41と厚さ10Åのコバルト-鉄(CoFe)膜42との2層構造からなるフリー磁性層4、厚さ25Åの銅(Cu)膜からなる非磁性導電層5、厚さ20Åのコバルト-鉄(CoFe)膜からなるピン磁性層6、及び厚さ300Åの白金-マンガン(PtMn)膜からなる反強磁性層7を有する。MR膜3の上には、厚さ30ÅのTa膜からなる保護層8が付着されている。

【0017】MR膜3の両側は、所定のトラック幅に合わせてエッチングにより除去され、ハードバイアス層9

が形成されている。ハードバイアス層9の上には、センス電流を流すための電極として1対の導電リード10が形成され、かつこの積層構造全体を更にアルミナ絶縁層11で被覆して、本発明のスピナルブMRセンサを完成する。

【0018】MR膜3は、成膜後に真空磁場中で所定の熱処理を行うことにより、反強磁性層7を規則化させ、かつピン磁性層6に一方向性異方性を与えて、その磁化配向を固定する。NiFeCr第2下地膜22はfcc結晶構造を有し、かつ(111)配向されているので、その上に積層するMR膜3の各層の(111)配向性を高めることができる。これにより、前記MR膜は、反強磁性層7による一方向性異方性磁場が大きくなり、かつフリー磁性層4とピン磁性層6間の相互作用磁場が小さくなる。

【0019】前記NiFeCr膜のCr濃度は、第2下地膜22を非磁性化、高抵抗化させるために、20~50at%の範囲が好ましい。第2下地膜22の膜厚は、上述した50Åに限定されず、20~100Åの範囲内において適当に設定することができる。また、前記第2下地膜の材料として、NiFeにCr以外のNb、Rhなどを添加したNiFe系合金を用いることができる。いずれの場合でも、比抵抗の高い組成を選択することにより、下地層へのシャント電流を抑制できるので、大きな磁気抵抗変化率が得られる。

【0020】前記両磁性層は、上記NiFe及びCoFe以外に、Co、CoFeBなどの従来公知の様々な強磁性材料で形成することができ、前記反強磁性層は、上述したPtMn以外に、従来から知られているPdPtMn系、NiMn系、IrMn系、RhMn系、FeMn系、NiO系などの様々な反強磁性材料を用いることができる。

【0021】別の実施例では、図1の実施例とは逆に、反強磁性層7を基板側にかつフリー磁性層4を基板とは反対側にして、各膜層を逆の順に積層することができる。この場合にも、図1の実施例と同様の作用効果が得られる。また、本発明は、その技術的範囲内において上記実施例に他の様々な変形・変更を加えて実施することができる。

【0022】図2は、図1の実施例において、NiFe<sub>16</sub>Cr<sub>25</sub>からなる組成の第2下地膜22の膜厚t<sub>2</sub>の変化に関するPtMn反強磁性層7及びフリー磁性層4のNiFe膜41の(111)配向性を示している。このX線回析プロファイルから、概ね20≤t<sub>2</sub>≤50の範囲内において、前記両膜層が強い(111)配向性を示していることが分かる。

【0023】また、図1の実施例においてTa第1下地膜21の膜厚t<sub>1</sub>を30Å、15Å及び0Åとしたとき、同じく組成NiFe<sub>16</sub>Cr<sub>25</sub>の第2下地膜22の膜厚t<sub>2</sub>に関する交換結合磁場Hex、及びピン層/フリー

特開2000-150235

層間の相互作用磁場 $H_{int}$ の変化を測定したところ、図3 A及びBに示す結果が得られた。図3 Aは、交換結合磁場 $H_{ex}$ が、膜厚 $t_1$ の大きさに拘わらず、概ね $20 \leq t_2 \leq 50$ の範囲内において大きい値を示し、従って一方向異方性が大きくなることを示している。これに対し、図3 Bは、相互作用磁場 $H_{int}$ が、同じく概ね $20 \leq t_2 \leq 50$ の範囲内において小さくなることを示している。

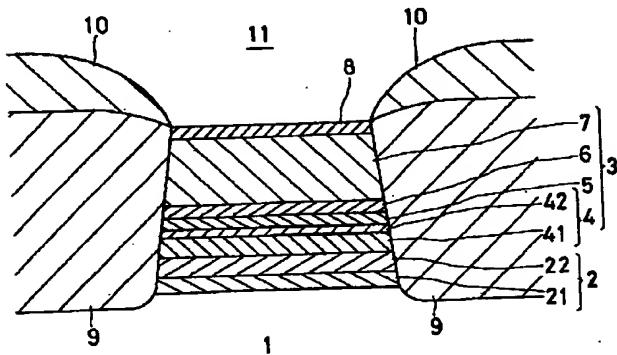
【0024】更に、図1の実施例においてTa第1下地膜21の膜厚 $t_1$ を一定とし、MR膜3を250°C及び270°Cで熱処理した場合に、同じく組成NiFe<sub>16</sub>Cr<sub>25</sub>の第2下地膜22の膜厚 $t_2$ に関するピン層/フリー層間の相互作用磁場 $H_{int}$ の変化を測定したところ、図4に示す結果が得られた。同図は、いずれの熱処理温度においても、相互作用磁場 $H_{int}$ が、概ね $20 \leq t_2 \leq 70$ の範囲内において小さくなることを示している。これらの測定結果から、本発明の上述した作用効果が確認された。

## 【0025】

【発明の効果】本発明は、以上のように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。本発明のスピニバルブ磁気抵抗センサによれば、第2下地膜によりスピニバルブ膜の(111)配向を強くし、一方向異方性磁場を大きくして、両磁性層間の相互作用磁場を小さくできるので、熱的・磁気的に高い安定性が得られ、高い磁気抵抗変化率及び磁気抵抗変化の線形性など、磁気変換特性の向上を達成することができる。更に、これにより、熱的・磁気的に高い安定性を有し、高記録密度化可能な磁気ヘッドを実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】



【図1】本発明によるスピニバルブ磁気抵抗センサの好適実施例をA B S側から見た断面図である。

【図2】NiFeCr第2下地膜の膜厚に関するPtMn反強磁性層及びフリー磁性層のNiFe膜の(111)配向性をそれぞれ表すX線回析プロファイルを示す線図である。

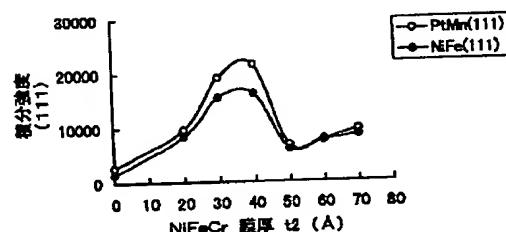
【図3】A図及びB図は、それぞれNiFeCr第2下地膜の膜厚に関する交換結合磁場 $H_{ex}$ 、及びピン層/フリー層間の相互作用磁場 $H_{int}$ の変化を示す線図である。

【図4】MR膜を250°C及び270°Cでそれぞれ熱処理した場合のNiFeCr第2下地膜の膜厚に関するピン層/フリー層間の相互作用磁場 $H_{int}$ の変化を示す線図である。

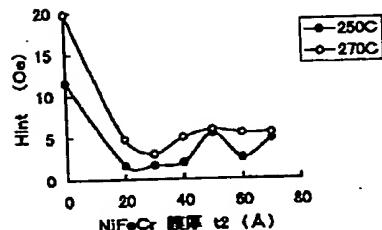
## 【符号の説明】

- 1 絶縁層
- 2 下地層
- 3 MR膜
- 4 フリー磁性層
- 5 非磁性導電層
- 6 ピン磁性層
- 7 反強磁性層
- 8 保護層
- 9 ハードバイアス層
- 10 導電リード
- 11 アルミナ絶縁層
- 21 第1下地膜
- 22 第2下地膜
- 41 ニッケル-鉄膜
- 42 コバルト-鉄膜

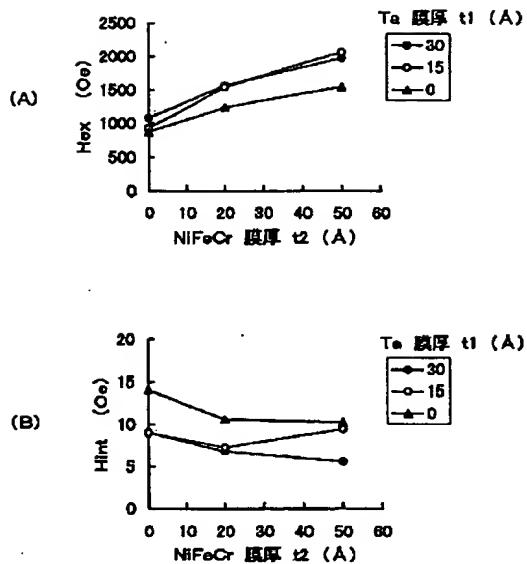
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72) 発明者 鈴木 功一

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 深川 智機

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

(72) 発明者 橋上 文範

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号  
リードライト・エスエムアイ株式会社内  
F ターム(参考) 5E049 AA07 AA09 AC00 AC05 BA12.  
BA16 DB04 DB12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-150235  
(43)Date of publication of application : 30.05.2000

(51)Int.Cl. H01F 10/26

(21)Application number : 10-331916  
(22)Date of filing : 09.11.1998

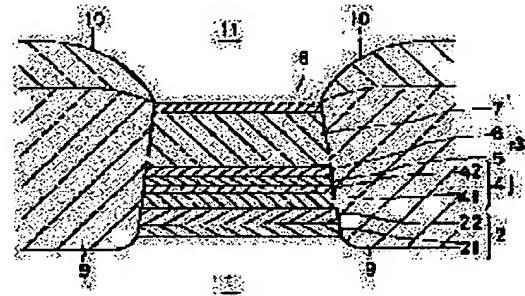
(71)Applicant : READ RITE SMI KK  
(72)Inventor : UENO MASANORI  
NAGAI HIDEYASU  
SUZUKI KOICHI  
FUKAGAWA TOMO  
HIGAMI FUMINORI

(54) SPIN VALVE MAGNETORESISTIVE SENSOR AND THIN-FILM MAGNETIC HEAD

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To intensify (111) orientation of each film layer of a spin valve film, increase unidirectional anisotropic magnetic field, reduce the interaction magnetic field between both of the magnetic layers, obtain thermal and magnetic stability, and improve magnetic conversion characteristic, such as high change rate of magnetoresistivity and linearity of magnetoresistive change.

**SOLUTION:** A first base film 21 of nonmagnetic metal such as Ta and a second base film 22 of alloy formed thereon which alloy is expressed by NiFeX (X is at least one kind selected from among Cr, Nb and Rh) are formed on a substrate layer 2. A free magnetic layer 4 and a pin magnetic layer 6, which are arranged sandwiching a nonmagnetic conducting layer 5, and an antiferromagnetic layer 7 are laminated on the base layer 2, thereby forming a spin valve film 3. In a spin valve magnetoresistive sensor having the spin valve film 3, the second base film has an fcc structure and subjected to (111) orientation.



## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] One pair of magnetic layers arranged on both sides of a non-magnetic layer at said substrate layer and substrate layer top on a substrate, It is the spin bulb magnetic-reluctance sensor which carried out the laminating of the antiferromagnetism layer which adjoins said one magnetic layer. Said substrate layer The 1st substrate film of non-magnetic metal, The spin bulb magnetic-reluctance sensor which it consists of the 2nd substrate film of the alloy expressed with NiFeX (at least one sort as which X is chosen from Cr, Nb, and Rh) formed on said 1st substrate film, and said 2nd substrate film has fcc structure, and (111) is characterized by carrying out orientation.

[Claim 2] The spin bulb magnetic-reluctance sensor according to claim 1 characterized by being in within the limits whose thickness of said 2nd substrate film is 20-100A.

[Claim 3] The spin bulb magnetic-reluctance sensor according to claim 1 or 2 characterized by being in within the limits said whose X is Cr and, the presentation of whose is 20 - 50at%.

[Claim 4] The thin film magnetic head equipped with a spin bulb magnetic-reluctance sensor according to claim 1 to 3 which comes out and is characterized by a certain thing.

---

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetometric sensor and the thin film magnetic head using especially a spin bulb magneto-resistive effect about the magnetic-reluctance mold sensor used for a magnetic recording medium.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] In order to make a saturation field small in the magnetic head for playback and to raise field sensibility recently, the magnetometric sensor which consists of spin bulb film of the sandwich structure which carried out the laminating of one pair of magnetic layers on both sides of the non-magnetic layer on the substrate is developed. To the spin bulb film being fixed in the component height direction by the switched connection field with the antiferromagnetism layer in which magnetization of one magnetic layer (pin layer) adjoins it, generally magnetization of the magnetic layer (free layer) of another side is single-domain-ized crosswise [ of a component / truck ] by the hard bias method using the field of a permanent magnet, and rotates freely by the external magnetic field.

[0003] The linearity of the magnetic response to an external magnetic field is secured, and the magnetic properties of a magnetometric sensor improve, so that a pin layer can be single-domain-ized good, so that the one direction anisotropy magnetic field by the antiferromagnetism layer is large, and the magnetization is fully fixed. Then, more various antiferromagnetism ingredients than before are proposed. Moreover, as for the antiferromagnetism ingredient, it is known that a property will change with the ingredients of the substrate.

[0004] For example, the magneto-resistive effect head which can raise properties, such as magnetic-reluctance rate of change, is indicated by JP,8-315326,A by arranging the crystalline soft magnetism film which may raise a stacking tendency by high resistance as a substrate of the magneto-resistive effect film. Furthermore, according to this official report, in order to raise the crystallinity of said crystalline soft magnetism film, preparing non-magnetic metal film, such as Ta, in the substrate is indicated. Moreover, in order to arrange the crystal orientation of a magnetic free layer, Ta substrate layer is used for the magnetic-reluctance sensor indicated by JP,8-213238,A.

[0005] Furthermore, it is indicated by JP,9-16915,A by using the two-layer film of Ta film and the NiFe system alloy film as a substrate layer in spin bulb magnetic-reluctance mold tolan DEYUSA that the crystallinity of an antiferromagnetism layer is improved, magnetization of a pin layer is fully fixed, and a linearity magnetic-reluctance change can be obtained. Moreover, in the magneto-resistive effect component, while improving the orientation (111) of the ferromagnetic formed on it by the substrate layer of the two-layer structure which has arranged the 2nd substrate film, such as Ta, between the 1st substrate film of an ingredient and substrates which have an fcc lattice, it is indicated by JP,6-325934,A that surface smooth nature can be improved.

#### [0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the spin bulb film which prepared the substrate layer which consists of the conventional Ta film, since a limitation usually had an one direction anisotropy magnetic field by the antiferromagnetism layer by 200 to 1000 oersted (Oe), when this was applied to the magnetic head, when operating temperature became high, the magnetization direction of a pin layer changed, the magnetic transfer characteristic became unstable, and there was a possibility of spoiling dependability.

[0007] Moreover, in a spin bulb magnetic-reluctance sensor, when the free layer was made thin, the playback output could be made high, but when the thickness exceeded a certain limitation (about 30-40A), the orientation (111) of a free layer became inadequate, the ferromagnetism-interaction between a free layer and a pin layer became large, the playback output declined conversely, and there was a problem of becoming unstable magnetically. Therefore, although the thickness of a free layer is usually set up within the limits of about 50-100A, in order to make a playback output high, it is desirable [ securing magnetic stability ] that thickness of a free layer can be made as thin as possible.

[0008] Then, the place which it is made in view of the conventional trouble mentioned above, and is made into the purpose has this invention in enlarging the one direction anisotropy by the antiferromagnetism film of the spin bulb film, and making small the interaction between a free layer and a pin layer, and offering the spin bulb magnetic-reluctance sensor which stabilized the magnetic transfer characteristic thermally and magnetically.

[0009] Moreover, another purpose of this invention is by having this spin bulb magnetic-reluctance sensor to offer the thin film magnetic head of the high performance which can attain good recording density-ization.

#### [0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the purpose mentioned above according to this invention, on a substrate A substrate layer, It has the spin bulb film which carried out the laminating of one pair of magnetic layers arranged on both sides of a non-magnetic layer on said substrate layer, and the antiferromagnetism layer which adjoins said one magnetic layer. Said substrate layer The 1st substrate film of non-magnetic metal, It consists of the 2nd substrate film of the alloy expressed with NiFeX (at least one sort as which X is chosen from Cr, Nb, and Rh) formed on said 1st substrate film. Said 2nd substrate film has fcc (face centered cubic) structure, and (111) the spin bulb magnetic-reluctance sensor characterized by carrying out orientation is offered.

[0011] While the orientation (111) of the crystal face becomes strong and an one direction anisotropy magnetic field becomes large by forming both the magnetic layers, non-magnetic layer, and antiferromagnetism layer of the spin bulb film on such 2nd substrate film, the interaction magnetic field between both magnetic layers becomes small. The spin bulb magnetic-reluctance

THIS PAGE BLANK (USPTO)

sensor which this shows high magnetic-reluctance rate of change and a linearity magnetic-reluctance change is obtained.

[0012] The crystal stacking tendency of the spin bulb film cannot improve more than a certain extent, even if it thickens thickness of a substrate layer too much. As for the thickness of the 2nd substrate film, it is desirable that it is within the limits of 20-100A.

[0013] Moreover, by choosing suitably the concentration of the element X contained in NiFeX, a substrate layer can be made nonmagnetic rather than the case of a NiFe alloy, and can be formed into high resistance, can lessen the shunt current to a substrate layer sharply, and can raise the reluctivity of a sensor. If it is in within the limits whose element X is Cr and the presentation of whose is 20 - 50at% especially, since -izing of the magnetism of NiFe which constitutes the 2nd substrate film can be disappeared and carried out [ nonmagnetic ], it is convenient.

[0014] Furthermore, according to another side face of this invention, by having the spin bulb magnetic-reluctance sensor mentioned above, it has high stability thermally and magnetically and the possible thin film magnetic head of high recording density is offered.

[0015]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 shows the suitable example of the spin bulb magnetic-reluctance sensor which applied this invention. The substrate layer 2 is formed on the alumina (aluminum 2O3) insulating layer 1 prepared on the substrate with which this spin bulb magnetic-reluctance sensor consists of ceramic ingredients, such as glass, silicon, aluminum 2O3, and TiC, and the laminating of the magnetic-reluctance (MR) film 3 of spin bulb structure is carried out on it. The substrate layer 2 of this example is two-layer structure with the 2nd substrate film 22 which consists of the 1st substrate film 21 and the nickel-iron-chromium (NiFeCr) with a thickness of 50A which consist of a tantalum (Ta) with a thickness of 30A.

[0016] The MR film 3 Nickel-iron with a thickness of 50A which carried out the laminating on the substrate layer 2 (NiFe) the film — 41 — thickness — ten — A — cobalt - iron (CoFe) — the film — 42 — two-layer — structure — from — becoming — free — a magnetic layer — four — thickness — 25 — A — copper — (— Cu —) — the film — from — becoming — nonmagnetic — a conductive layer — five — thickness — 20 — A — cobalt - iron (CoFe) — the film — from — becoming — a pin — a magnetic layer — six — And it has the antiferromagnetism layer 7 which consists of platinum-manganese (PtMn) film with a thickness of 300A. On the MR film 3, it adheres to the protective layer 8 which consists of Ta film with a thickness of 30A.

[0017] The both sides of the MR film 3 are removed by etching according to the predetermined width of recording track, and the hard bias layer 9 is formed. On the hard bias layer 9, one pair of electric conduction leads 10 are formed as an electrode for passing a sense current, the whole laminated structure of a parenthesis is further covered with the alumina insulating layer 11, and the spin bulb MR sensor of this invention is completed.

[0018] By performing heat treatment predetermined in the inside of a vacuum magnetic field after membrane formation, the MR film 3 makes the antiferromagnetism layer 7 regulation -ize, and, on the other hand, gives a tropism anisotropy to the pin magnetic layer 6, and fixes the magnetization orientation. The 2nd substrate film 22 of NiFeCr has the fcc crystal structure, and (111) since orientation is carried out, it can raise on it the stacking tendency (111) of each class of the MR film 3 which carries out a laminating. Thereby, the one direction anisotropy magnetic field according [ said MR film ] to the antiferromagnetism layer 7 becomes large, and the interaction magnetic field between the free magnetic layer 4 and the pin magnetic layer 6 becomes small.

[0019] In the 2nd substrate film 22, Cr concentration of said NiFeCr film has the desirable range of 20 - 50at%, in order to make high resistance form, nonmagnetic -izing and. The thickness of the 2nd substrate film 22 is not limited to 50A mentioned above, but can be suitably set up within the limits of 20-100A. Moreover, the NiFe system alloy which added Nb(s) other than Cr, Rh, etc. can be used for NiFe as an ingredient of said 2nd substrate film. Since the shunt current to a substrate layer can be controlled by choosing the high presentation of specific resistance in any case, big magnetic-reluctance rate of change is obtained.

[0020] Said both magnetic layers can be formed with conventionally well-known various ferromagnetic ingredients, such as Co and CoFeB, in addition to Above NiFe and CoFe, and various antiferromagnetism ingredients, such as the PdPtMn system known from the former in addition to PtMn mentioned above, a NiMn system, an IrMn system, a RhMn system, a FeMn system, and a NiO system, can be used for said antiferromagnetism layer.

[0021] another example — the example of drawing 1 — reverse — the antiferromagnetism layer 7 — a substrate side — and the laminating of each membrane layer can be carried out to reverse order by using the free magnetic layer 4 as a substrate in the opposite side. Also in this case, the same operation effectiveness as the example of drawing 1 is acquired. Moreover, this invention can add and carry out other various deformation and modification in the above-mentioned example within the technical limits.

[0022] Drawing 2 is the thickness t2 of the 2nd substrate film 22 of the presentation which consists of NiFe16Cr25 in the example of drawing 1 . The stacking tendency (111) of the NiFe film 41 of the PtMn antiferromagnetism layer 7 about change and the free magnetic layer 4 is shown. This X-ray diffraction profile shows that the stacking tendency with said both strong (111) membrane layers is shown in general within the limits of 20 <=t2 <=50.

[0023] moreover, the example of drawing 1 — setting — thickness t1 of the 1st substrate film 21 of Ta Interaction magnetic field Hint between the switched connection magnetic field Hex about the thickness t2 of the 2nd substrate film 22 of presentation NiFe16Cr25, and a pin layer / free-similarly layer when it considers as 30A, 15A, and 0A the place which measured change — drawing 3 R> 3 — the result shown in A and B was obtained. For drawing 3 A, the switched connection magnetic field Hex is thickness t1. Irrespective of magnitude, it is shown that a large value is shown in general within the limits of 20 <=t2 <=50, therefore an one direction anisotropy becomes large. On the other hand, drawing 3 B is the interaction magnetic field Hint. Becoming small within the limits of 20 <=t2 <=50 in general similarly is shown.

[0024] Furthermore, it sets in the example of drawing 1 and is the thickness t1 of the 1st substrate film 21 of Ta. It is the thickness t2 of the 2nd substrate film 22 of presentation NiFe16Cr25 the same, when it presupposes that it is fixed and the MR film 3 is heat-treated at 250 degrees C and 270 degrees C. When change of the interaction magnetic field Hint between the related pin layer / free layer was measured, the result shown in drawing 4 was obtained. It also sets to which heat treatment temperature, and this drawing is the interaction magnetic field Hint. Becoming small within the limits of 20 <=t2 <=70 in general is shown. From these measurement results, the operation effectiveness which this invention mentioned above was checked.

[0025]

[Effect of the Invention] Since this invention is constituted as mentioned above, it does so effectiveness which is indicated below. Since according to the spin bulb magnetic-reluctance sensor of this invention orientation (111) of the spin bulb film is strengthened with the 2nd substrate film, an one direction anisotropy magnetic field is enlarged and the interaction magnetic field between both magnetic layers can be made small, high stability is acquired thermally and magnetically and improvement in the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

magnetic transfer characteristics, such as high magnetic-reluctance rate of change, the high linearity of magnetic-reluctance change, etc., can be attained. furthermore — thereby — thermal — magnetic — high stability — having — high — recording density — the magnetic head [-izing / the magnetic head ] is realizable.

---

[Translation done.]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is the sectional view which looked at the suitable example of the spin bulb magnetic-reluctance sensor by this invention from the ABS side.

**[Drawing 2]** It is the diagram showing the X-ray diffraction profile which expresses the stacking tendency (111) of the NiFe film of the PtMn antiferromagnetism layer about the thickness of the 2nd substrate film of NiFeCr, and a free magnetic layer, respectively.

**[Drawing 3]** A Fig. and B Fig. are the switched connection magnetic field Hex about the thickness of the 2nd substrate film of NiFeCr, and the interaction magnetic field Hint between a pin layer / free layer, respectively. It is the diagram showing change.

**[Drawing 4]** Interaction magnetic field Hint between the pin layer / free layer about the thickness of the 2nd substrate film of NiFeCr at the time of heat-treating MR film at 250 degrees C and 270 degrees C, respectively It is the diagram showing change.

**[Description of Notations]**

- 1 Insulating Layer
- 2 Substrate Layer
- 3 MR Film
- 4 Free Magnetic Layer
- 5 Nonmagnetic Conductive Layer
- 6 Pin Magnetic Layer
- 7 Antiferromagnetism Layer
- 8 Protective Layer
- 9 Hard Bias Layer
- 10 Electric Conduction Lead
- 11 Alumina Insulating Layer
- 21 1st Substrate Film
- 22 2nd Substrate Film
- 41 Nickel-Iron Film
- 42 Cobalt-Iron Film

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

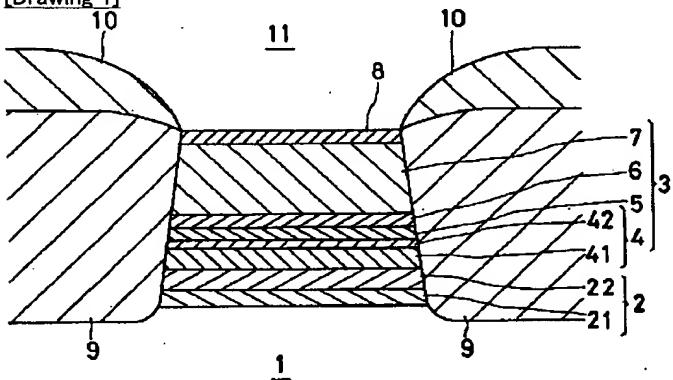
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

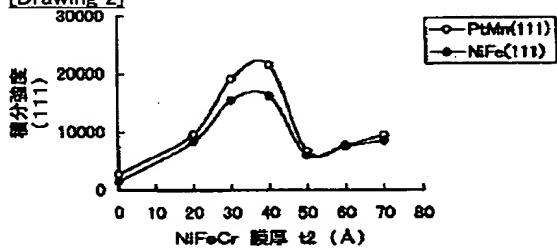
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

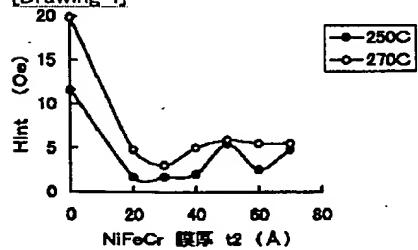
[Drawing 1]



[Drawing 2]

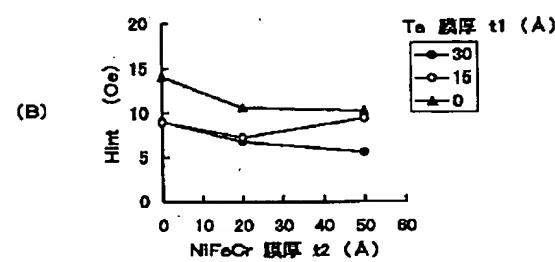
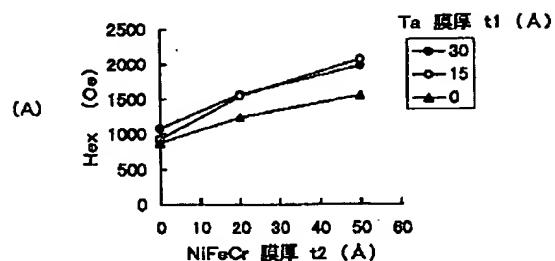


[Drawing 4]



[Drawing 3]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**